

19205

BULLETIN

DU

**Musée royal d'Histoire
naturelle de Belgique**

Tome XXI, n° 23.

Bruxelles, octobre 1945.

MEDEDEELINGEN

VAN HET

**Koninklijk Natuurhistorisch
Museum van België**

Deel XXI, n° 23.

Brussel, October 1945.

CONTRIBUTIONS

**A L'ÉTUDE DES ORGANES RESPIRATOIRES
CHEZ LES TÉLÉOSTÉENS PLECTOGNATHES (1).**

3° Partie : LES OSTRACIONIDÉS ;

4° Partie : LE ROLE DE L'INTEROPERCULAIRE
DANS LA MANŒUVRE RESPIRATOIRE
CHEZ LES TÉLÉOSTÉENS,

par Victor WILLEM (Gand).

TROISIÈME PARTIE. — LES OSTRACIONIDÉS.

Je n'ai disposé, comme matériel, que d'espèces du genre *Ostracion*, surtout *Ostracion cornutus*.

APPAREIL OPERCULAIRE.

La figure 1 ci-jointe donne l'aspect de la face latérale de l'appareil operculaire de *D. quadricornis*, et ses ressemblances avec celui des Balistidés.

La pièce operculaire, relativement épaisse, est une plaque ovale de surface réduite, peu solidaire du préopercule. Le suboperculaire, à surface aussi réduite, est une plaque mince et transparente, qui se glisse sous l'operculaire pour soutenir le repli cutané formant la valvule expiratoire.

(1) 1^{re} Partie : *Les Balistidés*. (Bull. Mus. Hist. nat. Belg., t. XVIII, n° 35, 1942.)

2^e Partie : *Les Chaetodontiformes*. (Idem, t. XX, n° 6, 1944.)

L'interoperculaire apparaît immédiatement réduit, comme chez les Balistidés, à un ruban étroit reliant le suboperculaire à la mandibule, de façon à assurer, comme je l'ai exposé à pro-

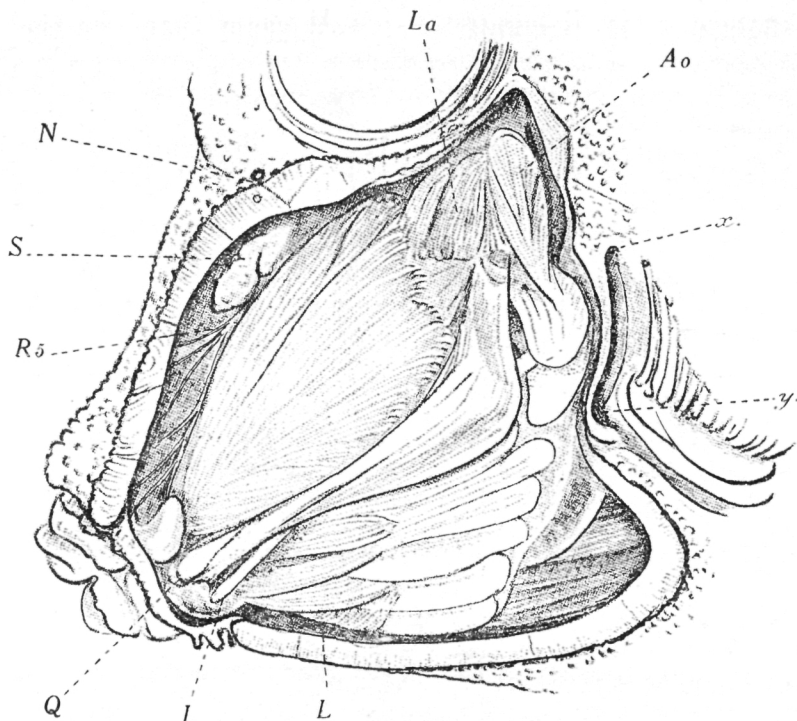


Fig. 1. — *Ostracion quadricornis*, L.
Dissection de la face gauche ($\times 3.2$).

- Ao., m. levator operculi;
- I., extrémité de l'interoperculaire;
- L., lacune lymphatique sous-cutanée;
- La., m. levator arcus palatini;
- N., un des orifices nasaux;
- Q., quadratum;
- R5., rameau du nerf V;
- S., sac nasal;
- xy., les deux extrémités de la fente expiratoire.

pos de *Balistes*, le synchronisme, à l'inspiration, de l'ouverture de la bouche avec l'abduction du volet operculaire. En outre, sur la face médiale de ce ruban osseux, en un point situé au commencement du troisième tiers de sa longueur, s'insère un liga-

ment fusiforme nacré, oblique, qui va s'attacher dans l'angle interne du cératohyal et assurer la solidarité de l'hyoïde et de la mandibule, au début de la phase inspiratoire: c'est une disposition analogue à celle que j'ai figuré pour *Balistes*, dans la première partie de mon travail (fig. 2, page 5).

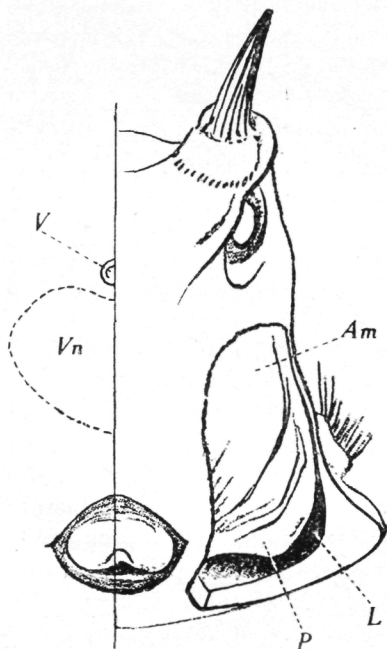


Fig. 2. — *Ostracion cornutus* L.

A droite, vue antérieure de la tête: on a pratiqué dans la carapace une fenêtre latérale, en avant de l'orifice expiratoire.

A gauche, coupe transversale de la vessie natatoire, un peu en arrière de la base de la nageoire pectorale.

- Am.*, muscle adducteur de la mandibule;
- L.*, lacune lymphatique;
- P.*, préoperculaire;
- V.*, corps de vertèbre;
- Vn.*, vessie natatoire.

L'appareil branchiostège est comparativement très développé en hauteur; il comporte six branchiostégites: le premier (dorsal) est en forme de baguette; les autres, de plus en plus courts, ont, avec quelques variantes, une forme commune: celle de

lames minces, à extrémités arrondies et renforcées par des arêtes médianes.

La musculature, que je ne décris pas en raison de la ténuité de certains de ses éléments, mal conservés sur le matériel dont j'ai disposé, n'a pas le développement que j'ai trouvé chez les Balistidés. Rien que ce développement plus faible est chose caractéristique : il témoigne que le jeu de ce grand appareil branchiostège est, à première vue, relativement facile, en raison du développement de l'espace lymphatique où il doit s'épanouir.

ESPACES LYMPHATIQUES CUTANÉS.

Leur développement, apparemment plus grand que chez les Balistidés, et l'état meilleur de mon matériel, m'ont amené à accorder plus d'attention à l'extension, chez *Ostracion*, des espaces lymphatiques cutanés.

Si j'en juge d'après les trois exemplaires examinés, l'épaisseur de ces cavités me paraît varier sensiblement avec la taille, c'est-à-dire l'âge, des sujets. Tout d'abord, chez le plus petit sujet observé (longueur totale : 13 centimètres du museau à l'extrémité de la nageoire caudale) qui m'a fourni le dessin de la communication préliminaire, je la constate plus spacieuse, c'est-à-dire d'épaisseur notablement plus grande. D'autre part, la cavité lymphatique est occupée, dans le premier cas, par un tissu alvéolaire lâche, à grandes travées, qui se densifie, dans ses contacts et avec la carapace et avec les organes, en deux membranes minces et transparentes, reliées à la peau et aux organes par des trabécules nombreux. Chez les exemplaires plus grands (17 centimètres), je trouve ces membranes fortement épaissies, devenues d'un blanc nacré et réunies par des trabécules plus courts et moins nombreux, respectivement aux écailles cutanées ou aux organes internes.

Quant à l'extension en surface de cette grande lacune cutanée : examinée d'avant en arrière, on la voit débiter, sur la masse des muscles masticateurs, le long d'une ligne presque verticale, qui suit la racine maxillaire du nerf V, puis le rebord de l'orbite ; ensuite, sa membrane interne s'attache au contour caudal courbe du préoperculaire. Dans la région ainsi circonscrite, qui correspond à la masse des muscles adducteurs des mâchoires, elle reste séparée de ces muscles par une lacune lymphatique très mince ; celle-ci contourne cette masse muscu-

laire très loin dans la profondeur, s'étend autour du sac nasal (2) et passe même sous l'orbite.

Au delà du préoperculaire, dans la direction ventro-caudale, la lacune cutanée s'étend sur l'opercule; puis, se fusionnant à

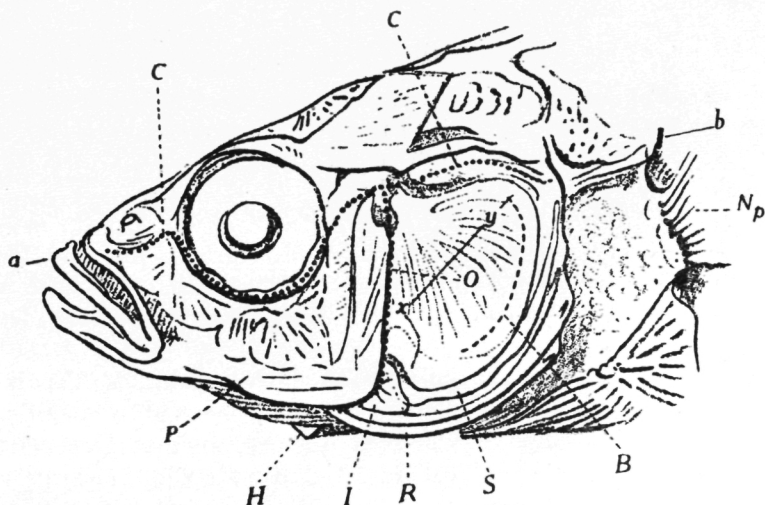


Fig. 3. — *Gasterosteus aculeatus*. Tête, de profil.

- ab.*, axe de rotation de l'ensemble des parois des cavités respiratoires (buccopharynx et chambre branchiale);
- B.*, limite caudale des lamelles branchiales;
- C.*, charnière des mouvements d'abduction et d'adduction de l'ensemble des parois latérales des cavités respiratoires;
- H.*, pointe ventrale du V hyoïdien;
- I.*, partie caudale de l'interoperculaire;
- N_p*, nageoire pectorale et son pédoncule;
- O.*, (lettre au milieu de l'operculaire) charnière verticale des mouvements de l'opercule sur la paroi latérale de la cavité buccopharyngienne;
- R.*, rayon branchiostège ventral;
- S.*, suboperculaire;
- xy.*, direction de l'axe de rotation de l'opercule, pendant la seconde moitié de l'inspiration.

(2) J'ai noté ce détail, en apparence sans importance pour le sujet actuel, parce que cette extension soumet la poche nasale aux changements de pression dus aux mouvements respiratoires et est l'agent principal du courant d'eau qui dessert l'olfaction. (Voir sur semblable sujet: L. VAN DEN BERGHE. *Observations sur l'olfaction et sur le mécanisme des courants olfactifs chez quelques Téléostéens*. (Bull. Acad. Belgique (Sciences), 1929.)

partir du menton avec celle de l'autre côté, couvre les muscles de la ceinture scapulaire et les muscles moteurs de la queue. Chez un de mes exemplaires, elle m'a paru enjamber l'insertion rostrale de ces muscles et passer, en lame très mince, jusque sur la région dorsale du corps.

En résumé, une coupe transversale de ce système nous donnerait une image analogue à la figure 3, de *Balistes*, page 9 de la première partie de mon travail.

Ainsi se comprend, en principe, le jeu du battant operculaire caché sous la carapace rigide. Mais il reste à considérer un autre aspect de l'irrigation branchiale. Si l'on tient compte du fait que le contenu de la carapace écailleuse a, en raison de la rigidité de cette enveloppe, un volume constant, comment comprendre des changements rythmiques, coordonnés, du volume des cavités respiratoires, bucco-pharyngiennes et branchiales ?

Il faut ici invoquer un autre élément du problème, que j'ai signalé (p. 291) dans ma note préliminaire : la présence d'une vessie natatoire, dont le volume a frappé les ichthyologistes ; réservoir compressible et élastique, elle facilite des variations locales de volume dans la masse presque invariable des organes, entr'autres celles des cavités respiratoires qui accompagnent l'irrigation branchiale (3). Mais, d'autre part, elle tend à limiter la grandeur de ces variations rythmiques et c'est ainsi que je comprends un fait qui m'avait frappé au cours de la courte observation que j'ai pu faire d'un sujet vivant. Même en nage très lente, presque sur place (4), le rythme respiratoire se maintenait aux environs de 100 par minute, ce qui m'étonnait par comparaison avec les Téléostéens que j'avais précédemment observés, et que je n'avais rencontré que chez des poissons actifs. C'est que la restriction de l'amplitude des balancements respiratoires a dû être compensée par leur accélération. Et, d'autre part, il m'apparaît là un nouvel exemple d'un phénomène que j'ai été amené à préciser de plus en plus au cours de mes études sur les manœuvres respiratoires des Téléostéens : que l'irriga-

(3) Ces considérations attirent, d'autre part, l'attention sur le rôle, plus important vraisemblablement, que doit jouer cette vessie natatoire dans l'ingestion des aliments, au moins aussi gênée que la respiration, par la rigidité de la carapace.

(4) Page 289 de ma note préliminaire: *Le mode respiratoire de Balistes et d'Ostracion*. (Bull. Acad. Belgique (Sciences), t. XXVII, 1941.)

tion des lamelles branchiales est autant que possible continue, avec des variations minimales de vitesse (5).

QUATRIÈME PARTIE. — LE RÔLE DE L'INTEROPERCULAIRE
DANS LA MANŒUVRE RESPIRATOIRE CHEZ LES TÉLÉOSTÉENS.

1. — LE RÔLE DE L'INTEROPERCULAIRE.

La variation des formes de l'interoperculaire que j'ai constatée chez les Chaetodontiformes et les Plectognathes étudiées dans les deux notes précédentes, a ramené mon attention sur le rôle de cette pièce dans la manœuvre respiratoire. Plaque osseuse généralement large chez *Chelmo*, *Holocanthus*, comme chez les Perciformes ordinaires et la plupart des Téléostéens (et même particulièrement haute chez *Chaetodon*), elle s'effile progressivement chez *Acanthurus*, *Drepane*, *Zanclus*, dans sa portion rostrale, qui devient ligamentaire chez *Ephippus*. Partie plus ou moins sérieuse du volet operculaire chez les Téléostéens à fentes branchiales convergeant sur la ligne ventrale, il tend ainsi à devenir uniquement, chez les Plectognathes, un ruban étroit, mi-osseux, mi-ligamenteux, inextensible, qui réunit la région dorsale du suboperculaire à l'articulaire de la mâchoire inférieure.

2. SA FONCTION PRINCIPALE ET PERMANENTE.

La persistance de cette liaison inextensible entre le suboperculaire et l'articulaire dénote le rôle essentiel que joue la pièce en question dans la manœuvre respiratoire : déterminer l'abaissement de la mâchoire inférieure (et l'ouverture de la bouche) dès le début de l'abduction de l'opercule, tout au commencement de la phase inspiratoire.

O. HOLMQVIST, en 1906 (6), constatait chez un *Gadus* que l'abaissement de la mandibule n'était pas dû, comme les anatomistes l'admettaient immédiatement pour des raisons plausibles, à la contraction des muscles géniohyoïdiens — qui sont en

(5) WILLEM, V., 1940, *Nouvelles observations sur les manœuvres respiratoires des Téléostéens*. (Bull. Acad. Belgique (Sciences), t. XXXVI, p. 221-229.)

(6) HOLMQVIST, O., 1910, *Der musculus protractor hyoidei und der Senkungsmechanismus des Unterkiefers bei den Knochenfischen*. (Lunds Universitets Aarsskr., N. F., Afd. 2, Bd. VI.)

réalité des protracteurs de l'hyoïde — mais à l'action des muscles sterno hyoïdiens, le plancher buccal (y compris les muscles sternohyoïdiens restant passifs et fonctionnant comme tendons). D'autre part, il remarquait que des muscles cités à juste titre comme inspireurs (des éleveurs et abducteurs de l'opercule), fonctionnent aussi comme abaisseurs de la mâchoire inférieure, en exerçant une traction sur l'angulaire, par l'intermédiaire de l'opercule et de l'interoperculaire. Disons immédiatement que cette traction opérée par l'intermédiaire sur l'articulaire est due au fait que l'axe de rotation du volet latéral des cavités respiratoires (*ab*, de la fig. 3) n'est pas parallèle à l'axe longitudinal du poisson, et que l'abduction de ce volet, tout en écartant l'origine de la pièce operculaire du plan médian du corps, dont est plus proche son extrémité rostrale, exerce sur lui une traction dans le sens caudal (7). Et remarquons, d'autre part, fait en concordance avec cette explication, que le rétrécissement de la région caudale de l'interoperculaire se fait progressivement dans la direction de la région la plus rigide de l'opercule; et l'insertion du ruban osseux résiduel, sans quitter le territoire de l'operculaire, s'établit ainsi sur sa région la plus dorsale (8), en se rapprochant de plus en plus de la ligne droite qui joint l'articulaire à la charnière de l'opercule.

3. MUSCLES ANNEXÉS AU SYSTÈME DE L'INTEROPERCULAIRE.

C'est ici le lieu d'attirer l'attention sur deux acquisitions particulières du système de l'operculaire chez les Plectognathes.

Tout d'abord, j'ai décrit chez *Monacanthus* (9) un muscle dont les faisceaux, insérés sur la face interne du préoperculaire (fig. ci-contre, *Mp*) et pour une petite part sur le métaptérygoïde (*Mm*): ces faisceaux convergent, dans le sens rostral, vers un tendon plat de forme trapézoïdale, qui se situe vertica-

(7) Et ouvre l'angle des deux moitiés de la mâchoire inférieure. C'est en considération de ce phénomène que, dans la description des mâchoires inférieures des Plectognathes, j'ai prêté l'attention à la soudure progressive des dentaires, qui rend plus vertical l'axe de rotation de l'opercule et tend à renforcer la traction dans le sens caudal exercée sur la mâchoire.

(8) Sur l'operculaire, dit-on quelquefois, quand on ne remarque pas, sur les squelettes desséchés étudiés, la bande cartilagineuse du suboperculaire qui court sur le bord céphalique de l'operculaire.

(9) WILLEM, V., 1942, *Contribution à l'étude des organes respiratoires chez les Téléostéens Plectognates. I. Les Balistidés* (p. 15).

lement entre le préoperculaire et le stylohyal, et qui se soude avec l'origine arrondie de la position osseuse du ruban interoperculaire allant se terminer sur l'articulaire. Premier exemple d'un muscle qui appuie l'action tractrice de l'interopercu-

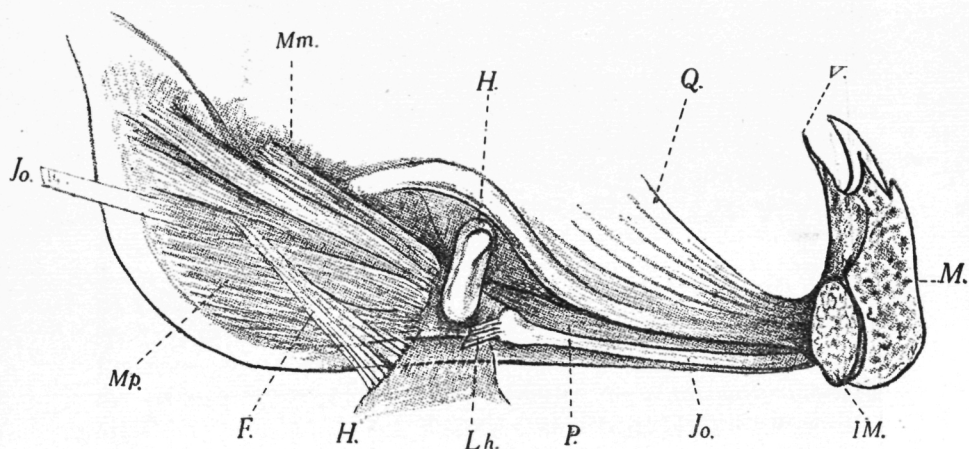


Fig. 4. — *Monacanthus setifer* ($\times 3.5$). Vue de la face interne de l'interoperculaire, après excision du céraphyal.

- F., faisceau tendineux unissant la bande Io au céraphyal;
 H., Hyoïde, le céraphyal excisé n'étant représenté, partiellement, que par son contour, en trait interrompu;
 Lh., ligament unissant la tige osseuse Io au céraphyal;
 Io., les deux segments de l'interoperculaire;
 IM., m. intermandibularis;
 M., coupe transversale de la mandibule;
 Mm., faisceau du m. préoperculaire inséré sur le métaptérygoïde;
 Mp., faisceaux du m. préoperculaire inséré sur le préoperculaire;
 Q., os quadratum;
 v., valvule buccale.

laire sur l'articulaire, au début de la manœuvre inspiratoire.

Il en est un deuxième, que je viens de découvrir chez les Tétrodontes et que je dénommerai le muscle valvulaire (V., fig. 5). Il part ventralement de la région rostrale du ruban osseux de l'interoperculaire, pour se réfléchir le long de la face interne du menton et aller se terminer dans la base de la valvule buccale ventrale; celle-ci, dans ce cas particulier, est très épaissie à la base en un bourrelet verruqueux du côté rostral, tout en se prolongeant par une courte lame mince (faisant face à la valvule mince, dorsale) : ensemble lourd, que l'aspira-

tion du début de la manœuvre inspiratoire ne ferait probablement pas s'incliner immédiatement.

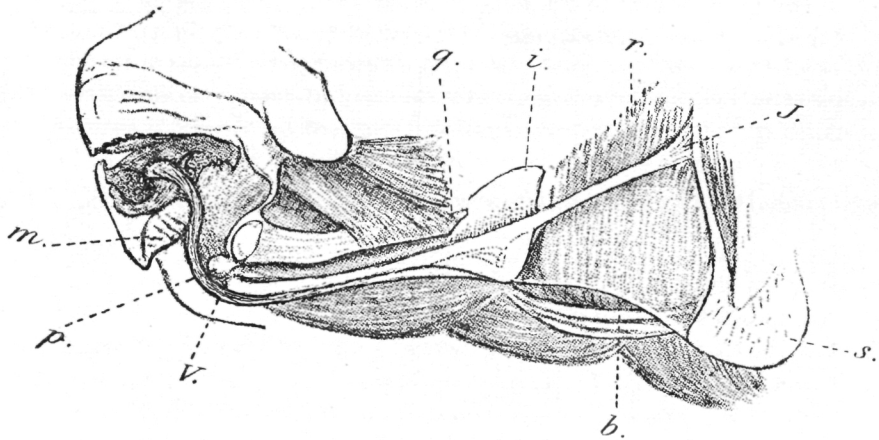


Fig. 5. — *Spheroïdes* sp. Dissection de l'interoperculaire : résection du système du préoperculaire, de la moitié gauche de la mâchoire inférieure ($\times 2$).

- b.*, premier rayon branchiostège;
- J.*, interoperculaire;
- m.*, section de la mâchoire inférieure;
- p.*, articulation avec la mâchoire du préoperculaire enlevé;
- q.*, os carré, dont est détaché le préoperculaire;
- r.*, muscle releveur du système des branchiostégites;
- s.*, suboperculaire;
- V.*, muscle de la valvule buccale.

4. SOLIDARITÉ DE L'ABAISSEMENT DE LA MÂCHOIRE ET DE L'ABDUCTION DE SON ARC DE SUSPENSION.

Mais l'abaissement de la mâchoire inférieure par la contraction des muscles éleveurs de l'opercule n'est qu'un détail dans la manœuvre de la phase inspiratoire; et sa valeur ne se comprend que si on le situe dans l'ensemble de cette phase. Concurrément avec cet abaissement de la mandibule agit la contraction du *m. levator arcus palatini*, qui détermine l'abduction de tout le volet latéral du bucco-pharynx: celui-ci entraîne aussi l'abaissement de la mâchoire inférieure et l'écartement de ses deux branches. L'explication de ce résultat réside, pour une part, dans l'inclinaison de l'axe de rotation du volet branchial (à peu près la direction de la ligne *a b*, fig. 3) et surtout dans la forme de l'articulation du carré avec l'articulation: chez le

Brochet, par exemple, comme on peut s'en assurer par l'expérience suivante.

On peut constater, sur le cadavre frais d'un Brochet, que l'abaissement de la mâchoire inférieure (par traction verticale sur le menton) entraîne l'abduction du système suspenseur de cette mâchoire. On en trouve la raison dans la forme de l'articulation du carré avec l'articulaire : la capsule de cette articulation étant ouverte latéralement, l'abaissement normal de la mâchoire s'accompagne de l'écartement des deux pièces en contact ; c'est donc que, dans les conditions normales, la portion latérale de la capsule maintient le contact et exerce une traction dans le sens latéral sur la branche mandibulaire pour l'abduquer et ouvrir l'arc de la mâchoire inférieure.

La raison s'en trouve dans la forme de l'articulation. La surface cartilagineuse de l'extrémité caudale de la mandibule rappelle la surface d'une selle, dont l'axe, à peu près horizontal, fait un angle d'environ 115° avec le plan sagittal du museau. La tête cartilagineuse du carré, qui s'y emboîte, présente une forme analogue : une selle qui coiffe l'autre transversalement ; et l'on constate que l'abduction du système suspenseur de la mâchoire fait appuyer le rebord médial de la selle du carré sur le contour médial de la capsule : pression qui coopère avec la tension du contour latéral pour produire l'abaissement de la mâchoire.

Le même mécanisme opère, mais en sens inverse, lors du relèvement de la mâchoire, pour produire l'adduction du système suspenseur de la mâchoire : il s'ensuit que, dans les circonstances normales, la contraction des muscles sterno-hyoïdiens, tout en abaissant la mâchoire, contribue à produire l'abduction des parois latérales des cavités respiratoires (inspiration) et que, inversement, l'adduction de ces parois, qu'on attribue d'ordinaire au seul m. adductor arcus palatini, entraîne le relèvement de la mâchoire inférieure et la diminution de l'angle mentonnier (expiration).

5. AUTRE MÉCANISME ARTICULAIRE ASSURANT LE SYNCHRONISME ÉTUDIÉ.

Mais il apparaît immédiatement que semblable mécanisme n'a d'efficacité que si l'articulation directrice a une surface sérieuse et si les longueurs des deux pièces articulées sont comparables. J'ai rencontré un cas, parmi les Percomorphes, celui des Syn-

gnathes, où la disproportion des deux leviers considérés ci-dessus (la longueur de la mâchoire inférieure n'est que le huitième de celle du carré) ne paraît pas permettre efficacement l'action décrite chez le Brochet : l'abaissement expérimental de la mâchoire détermine bien l'écartement de ses deux moitiés et des extrémités distales des deux carrés, mais n'est pas capable d'entraîner l'abduction des extrémités proximales de ceux-ci et la manœuvre inspiratoire du volet operculaire.

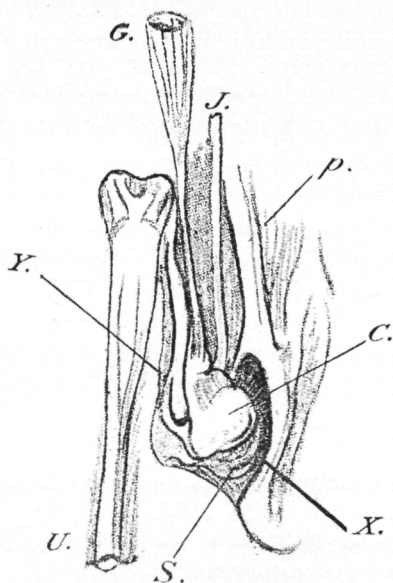


Fig. 6. — *Syngnatus acus*. Vue ventrale de la région hyoïdienne gauche.

- C., céraphyal;
- G., muscle geniohyoideus gauche;
- J., ligament attachant l'interoperculaire à l'hyoïde;
- p., préoperculaire;
- S., stylohyal;
- V., urohyal;
- xy., axe de rotation de la charnière hyoïdienne.

C'est, en semblable cas, l'articulation, à surface très grande, du céraphyal (C. de la fig. 6) avec le stylohyal (s.) qui détermine, lors d'une manœuvre inspiratoire, due à la contraction des muscles sternohyoïdiens, l'abduction du système hyoïdien et du préoperculaire, auquel le stylohyal est suspendu (cette

abduction entraîne aussi l'abaissement de l'urohyal et du plancher buccal) (10). Le jeu de ce mécanisme, que j'ai maintes fois examiné avec une vive curiosité sur des cadavres frais, me paraît pouvoir s'exposer au moyen de la comparaison suivante : la surface de l'extrémité caudale du cératohyal peut être regardée comme un segment de la surface d'une vis jouant dans son écrou, dont l'axe serait parallèle à xy , de telle sorte qu'elle repousserait celui-ci dans le sens latéral d'une quantité correspondant à l'inclinaison de cet axe xy .

Introduisons ici la remarque que les deux mécanismes ci-dessus décrits (4 et 5) collaborent dans la même manœuvre inspiratoire, en raison de l'existence, que les anatomistes ne me paraissent pas avoir remarquée, de liaisons ligamentaires entre le système de l'opercule et celui de l'hyoïde (11).

Il résulte de ces liaisons multiples une unité dans le squelette de l'appareil respiratoire telle que, dans des expériences de vivisection où l'on sectionne successivement des muscles inspireurs, la conservation d'un seul de ces muscles (m. levator arcus palatini, m. dilatator operculi, m. sternohyoidiens ou abdominaux) suffit pour maintenir la manœuvre inspiratoire, sous forme plus ou moins réduite naturellement. Cette organisation du système squelettique décèle donc l'existence d'une collaboration étroite entre le jeu de ce système passif et l'intervention active des muscles, dépendant, elle, de leur innervation.

6. IMPORTANCE PHYSIOLOGIQUE, AU POINT DE VUE RESPIRATOIRE, DE CES DISPOSITIONS SQUELETTIQUES.

Or, la simultanéité, ainsi obtenue, de l'ouverture de la bouche et du début de la phase inspiratoire est une question qui a été longtemps discutée entre naturalistes et physiologistes — ceux-ci utilisant les appareils inscripteurs des laboratoires : la bibliographie de ce sujet débute par DUVERNEY (1701) ; les physiologistes modernes furent P. BERT (1870), TACO KUIPER,

(10) Et il est curieux de voir, chez le Syngnathe vivant, la rapidité et la violence avec laquelle fonctionne cette manœuvre aspiratoire, qui happe une proie. (WILLEM, 1931, p. 40.)

(11) Stylohyal et préoperculaire (*Gadus*, WILLEM, 1927) ; Interoperculaire et hyoïde (Balistidés, WILLEM, 1944) : *Balistes*, p. 5 ; *Triacanthus*, p. 12 ; *Monacanthus*, p. 15.

FRANÇOIS-FRANCK (1906), S. BAGLIONI (1908) (12). Le désaccord provenait d'une confusion dans la position du problème, d'une connaissance imparfaite de l'anatomie, chez certains physiologistes, et beaucoup, du fait que ceux-ci opéraient surtout sur des sujets (Cyprins, ordinairement) peu favorables à cette étude, et d'ailleurs généralement en dyspnée. Il suffisait, pour se faire une opinion nette, d'observer, comme nous l'avons fait, patiemment et avec un œil exercé, des formes de Téléostéens à rythme respiratoire relativement lent (± 40 par minute) et tranquilles en milieu normal.

Je rappellerai qu'en procédant ainsi et par de longues observations sur une quarantaine de Téléostéens, j'ai, dès 1927, établi une formule générale des manœuvres respiratoires (13), d'où il appert que la barrière branchiale est traversée par un courant céphalo-caudal continu (14), quoique plus lent au début et à la fin.

Et à trois reprises (1917, p. 15; 1940, p. 226) j'ai eu l'occasion, chez de très jeunes *Gobius*, encore très peu pigmentés, d'observer directement, par transparence, sous le microscope binoculaire, les branchies et leurs peignes, et d'en suivre les vibrations isochrones. On peut ainsi constater nettement que les pointes des deux peignes en regard ne restent pas en contact, comme l'affirme WOSKOBONIKOFF : leur écart varie constamment, grâce à des vibrations rapides latérales, en général de telle sorte que la fente décroît, sans s'annuler, depuis le commencement de l'inspiration jusqu'à la fin de l'expiration : la perméabilité du grillage lamellaire paraît se régler, par voie nerveuse, sur l'importance du courant d'eau inspirée. Des vibrations plus grandes s'intercalent de temps à autre parmi les régulières, probablement sous l'influence d'excitations sensorielles perturbatrices.

(12) On peut trouver un historique rapide de ces discussions dans : V. WILLEM et L. DE BERSAQUES, *Les types de mouvements respiratoires chez les Téléostéens*. (Mém. Acad. Sci. Belg., in-8°, t. IX, 1927.)

(13) WILLEM, 1940, pp. 215-219.

(14) Car il existe non seulement pendant la phase inspiratrice, qui attire l'eau jusque dans les cavités post-branchiales, mais aussi pendant la phase expiratoire (qui peut être longue), car de l'eau coule alors encore de la cavité buccale vers les orifices des chambres operculaires.

7. FORME PARTICULIÈRE DU COURANT RESPIRATOIRE.

Un exemple particulier de continuité du courant respiratoire est présenté par des Poissons à nage constante, comme les Salmonides et les Cyprinides : pour une certaine rapidité, souvent réalisée, de la natation, le courant de progression du poisson, courant dirigé vers la bouche, neutralise, à l'inspiration, la baisse de pression intrabuccale qui résulterait, dans des circonstances autres, de la manœuvre inspiratoire, d'ailleurs peu ample ; et que, la pression bucco-branchiale restant ainsi positive, il s'établit un courant continu de la bouche entr'ouverte aux fentes operculaires non closes. On peut constater que ce courant est susceptible d'être réglé par des variations réflexes, de l'ouverture buccale.

8. RESPIRATION AVEC IMMOBILISATION DES PRINCIPAUX MO- TEURS DU COURANT RESPIRATOIRE.

J'ai rencontré (WILLEM, 1931) chez *Cottus* (p. 31), *Trachinus* (p. 67) et *Ammodytes* (p. 75) un mode respiratoire qui paraît, au premier abord, ne pas se concilier avec la description précédente des connexions étroites entre les pièces squelettiques du système respiratoire.

On peut voir un de ces Poissons, posé sur le sable ou s'y enfouissant, respirer en conservant la bouche constamment entr'ouverte, la mâchoire inférieure à peu près immobile, et laissant à la valvule buccale seule le rôle de fermer, passivement, la bouche à l'expiration.

Mais, fait qui confirme la règle, les volets latéraux des cavités respiratoires restent aussi immobiles : et c'est le jeu alternatif de l'appareil branchiostège, fort développé, qui assure le courant respiratoire, indépendamment du reste du système. Les muscles, abducteurs et adducteurs, qui agissent sur la mâchoire inférieure, l'hyomandibulaire, l'hyoïde et opercules, sont simultanément mis en un tonus particulier, qui immobilise les parois du buccopharynx et tout le système des pièces dont j'ai décrit plus haut la solidarité ; n'agissent alternativement que les muscles abaisseurs ou releveurs des rayons branchiostèges, pour élargir ou diminuer alternativement la grande chambre branchiale ; et les variations de pression dans cette cavité déterminent, dans les parois de la chambre prébranchiale des réactions

élastiques, qui se traduisent par de très faibles oscillations verticales de la mâchoire inférieure.

L'exception confirme donc la règle.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

- HOLMQVIST, 1910, *Der musculus protractor hyoidei und der Senkungsmechanismus des Unterkiefers bei den Knochenfischen.* (Lunds Universitets Aarsskrift. N. F., Bd. VI.)
- WILLEM, V. et DE BERSAQUES, L., 1927, *Les types de mouvements respiratoires chez les Téléostéens.* (Mémoires in-8° de l'Académie royale de Belgique (Sciences), t. IX.)
- WILLEM, V., 1931, *Les manœuvres respiratoires chez les Poissons et les Amphibiens.* (Mémoires in-4° de la Classe des Sciences de l'Acad. royale de Belgique, 2° série, t. X.)
- 1940, *Nouvelles observations sur les manœuvres respiratoires des Téléostéens.* (Bulletin de l'Académie royale de Belgique (Sciences), t. XXVI.)
- 1941, *Le mode respiratoire de Balistes et d'Ostracion.* (Idem, t. XXVII.)
- *Contributions à l'étude des organes respiratoires chez les Téléostéens plectognathes.* 1^{re} Partie: *Les Balistidés.* 2^e Partie: *Les Chaetodontiformes.* (Bulletin du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, t. XVIII, n° 35 [1942] et t. XX, n° 6 [1944].)
- WOSKOBOINIKOFF, M. M. (Kiew), 1932, *Der Apparat der Kiemenatmung bei den Fischen.* (Zoologische Jahrbücher [Anatomie und Physiologie], Bd. 55.)
-